



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11280764 A**

(43) Date of publication of application: 15.10.99

(51) Int. Cl.

F16C 32/04
H02J 15/00
H02K 7/02
H02K 7/09

(21) Application number: **10081084**

(22) Date of filing: 27.03.98

(71) Applicant: **CHUBU ELECTRIC POWER CO
INC MITSUBISHI HEAVY IND LTD**

(72) Inventor: **NAGAYA SHIGEO
MINAMI MASAHARU
KAWASHIMA YUTAKA**

(54) THRUST BEARING OF SUPERCONDUCTING FLYWHEEL DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To restrain deformation by centrifugal force, and uniformly hold clearance between thrust bearings by vertically symmetrically installing permanent magnet assemblies on the upper side and the lower side of a thrust collar so that both centrifugal forces become the same with each other.

SOLUTION: When operating a superconducting flywheel, centrifugal force FR_u of an upper side permanent magnet assembly 60b and centrifugal force FR_d of a lower side permanent magnet assembly 60a become the same with each other since weight, a shape and an installing position of these magnet assemblies 60b, 60a are equal to each other, and laterally uniformly act on the cylindrical part 5a of a thrust collar 5 since the assemblies are vertically symmetrically installed in the disk part 5b. The comparatively thin cylindrical part 5a is vertically uniformly bent in the outer peripheral direction over both ends from the root to the central disk part 5b by these centrifugal forces FR_u , FR_d , and does not deviate to the upper side like a conventional product. Therefore, clearance between the permanent magnet assembly 60a and a superconducting bulk body is

also uniformized over the bearing inner/outer periphery to prevent reduction in bearing performance.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-280764

(43)公開日 平成11年(1999)10月15日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	F I
F 1 6 C 32/04	Z A A	F 1 6 C 32/04
H 0 2 J 15/00		H 0 2 J 15/00
H 0 2 K 7/02		H 0 2 K 7/02
7/09	Z A A	7/09
		Z A A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平10-81084

(22)出願日 平成10年(1998)3月27日

(71)出願人 000213297

中部電力株式会社

愛知県名古屋市東区東新町1番地

(71)出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72)発明者 長屋 重夫

名古屋市緑区大高町字北関山20番地の1

中部電力株式会社電力技術研究所内

(72)発明者 南 正晴

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(74)代理人 弁理士 石川 新 (外1名)

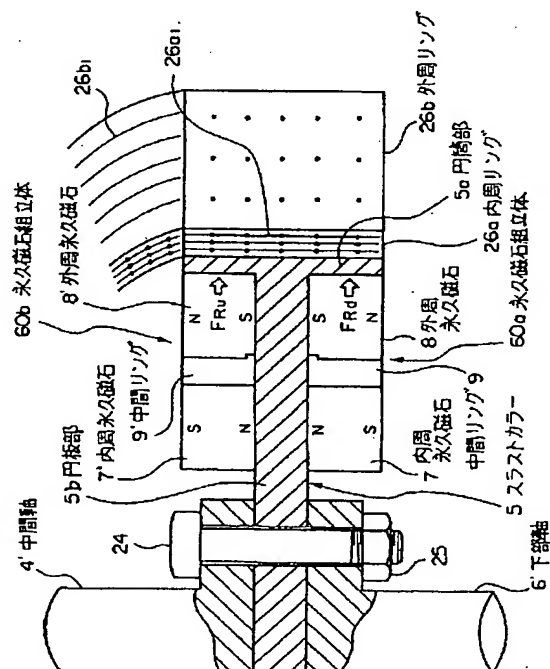
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超電導フライホイール装置のスラスト軸受

(57)【要約】

【課題】 超電導フライホイール装置において、超電導スラスト軸受部の永久磁石組立体からの遠心力による変形を抑制して、永久磁石組立体と高温超電導バルク体との隙間を均一に保持し、上記スラスト軸受の浮上性能つまり軸受性能を向上せしめる。

【解決手段】 真空のケーシング内に、回転軸に支持ディスクを介して固定された環状フライホイールリングと、上記回転軸に固定された磁性材のスラストカラーに取付けられた永久磁石組立体及び同組立体に微小隙間にて設置された超電導バルク体よりなる超電導スラスト軸受とを収納した超電導フライホイール装置において、上記超電導スラスト軸受は、上記永久磁石組立体を上記スラストカラーの上側及び下側に、上下対称にかつ双方の遠心力が略同一になるように各1組取付けてなる。また、上記スラストカラーの外側に曲げ剛性の大きな内側リングとフープ応力に対して高強度を有する外側リングとを設ける。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空中に保持されたケーシング内に、回転駆動される回転軸及び同回転軸に支持ディスクを介して固定された環状フライホイールリングを含むロータと、上記回転軸に固定された磁性材からなるスラストカラーに取付けられた永久磁石組立体及び同永久磁石組立体に微小隙間を存して設置された超電導バルク体よりなる超電導スラスト軸受とを収納してなる超電導フライホイール装置において、上記超電導スラスト軸受は、上記永久磁石組立体を上記スラストカラーの上側及び下側に、上下対称にかつ双方の遠心力が略同一になるように各1組取付けてなることを特徴とする超電導フライホイール装置のスラスト軸受。

【請求項2】 真空中に保持されたケーシング内に、回転駆動される回転軸及び同回転軸に支持ディスクを介して固定された環状フライホイールリングを含むロータと、上記回転軸に固定された磁性材からなるスラストカラーに取付けられた永久磁石組立体及び同永久磁石組立体に微小隙間を存して設置された超電導バルク体よりなる超電導スラスト軸受とを収納してなる超電導フライホイール装置において、上記超電導スラスト軸受は、上記スラストカラー及び上記永久磁石組立体の外側に複数のカーボン繊維を軸方向に配したクロス巻きのCFRP（プラスチック板）からなる内周リングを設けるとともに、同内周リングの外側に複数のカーボン繊維を周方向に配したフィラメントワインディングのCFRPからなる外周リングを固定してなる超電導フライホイール装置のスラスト軸受。

【請求項3】 上記スラストカラー及び上記上下2組の永久磁石組立体の外側に複数のカーボン繊維を軸方向に配したクロス巻きのCFRP（プラスチック板）からなる内周リングを設けるとともに、同内周リングの外側に複数のカーボン繊維を周方向に配したフィラメントワインディングのCFRPからなる外周リングを固定してなる請求項1記載の超電導フライホイール装置のスラスト軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は電力貯蔵フライホイールにおける超電導スラスト軸受の構造に関する。

【0002】

【従来の技術】 図3には電力貯蔵用超電導フライホイール装置の回転軸心に沿う断面図が示されている。図3において、1はCFRP製のフライホイールリングであり、円板状の支持ディスク2の外周に固定されている。3'は上部軸、4'は中間軸、6'は下部軸であり、上記支持ディスク2は上部軸3'の下部フランジと中間軸4'の上部フランジとの間に挟持され、複数のボルト（図示省略）によって固定されている。

【0003】 5は磁性鉄板からなる円板状のスラストカ

ラーであり、上記中間軸4'の下部フランジと下部軸6'の上部フランジとの間に挟持され、複数のボルト24、ナット25（図5参照）によって固定されている。上記スラストカラー5には、内周側から順に、リング状の内周永久磁石7、非磁性材からなる中間リング9、リング状の外周永久磁石8が吸着保持され、上記上部軸3'、中間軸4'、下部軸6'等からなる回転軸と一体で回転するようになっている。上記スラストカラー5、内周永久磁石7、外周永久磁石8及び中間リングで、永久磁石組立体60（図5参照）を構成する。

【0004】 10は上記内周、外周永久磁石7、8の下側に微小隙間を存して対向して設置された高温超電導バルク体、11は液体窒素が収容される液体窒素溜めであり、同液体窒素溜め11に外部Xから配管12を経て液体窒素が導入され、上記高温超電導バルク体10と上記永久磁石7、8を備えた永久磁石組立体60との間に磁気反発力を発生せしめることにより、上記回転軸、支持ディスク2'及びフライホイールリング1、永久磁石7、8及び中間リング9が固着されたスラストカラー5等からなるロータ60の重量を支持し浮上させる超電導スラスト軸受50を構成している。13は上記液体窒素溜め11と外部Yとを接続する配管で、液体窒素溜め11内において外部からの侵入熱で蒸発した窒素ガスを外部Yに排出するものである。

【0005】 14は上記上部軸3'を支持する上部ラジアル軸受、15は上記下部軸6'を支持する下部ラジアル軸受であり、これらラジアル軸受14、15は常電導型の磁気軸受にて構成される。また上部軸3'の軸端及び下部軸6'の軸端はころがり軸受からなる上部補助軸受16及び下部補助軸受17にて補助的に支持されている。18は、充、放電により本フライホイール装置の回転エネルギーの入、出力を行なう発電、電動機である。

【0006】 21は上記ロータ60の中央部が収納されるケーシング、20は上記発電、電動機18が収納されるケーシング、19は上記上部ラジアル軸受14及び上部補助軸受16が取付けられるケーシング、22は上記下部ラジアル軸受15及び下部補助軸受17が取付けられるケーシングであり、これらのケーシング19、20、21、22は複数のボルト（図示省略）によって液体密に締め付け固定されることにより、その内部が真空中に保持されている。

【0007】 21'は上記中央部のケーシング21の外周に巻装された防護材、23は上記ケーシング20に設けられた真空排気口であり、同排気口23により、上記ロータ60が収納される上記ケーシング19、20、21、22内の真空排気を図のZ方向に行なうことによって、ロータ60の回転による風損の低減及び真空断熱を行なうようになっている。

【0008】 上記フライホイール装置の運転時において、図4に示される運転モードのように、回転数の上昇

時A→B間において発電、電動機18により充電を行ない、B→C間においては一定回転数で以って電力貯蔵を行ない、回転数の下降時C→D間において放電を行なう。

【0009】また、上記フライホイール装置の通常運転時においては、高速回転するロータ60の重量によるスラスト荷重は上記超電導スラスト軸受50にて支持することによりロータ60を浮上させながら回転せしめ、ラジアル荷重は常電導型磁気軸受である上部ラジアル軸受14及び下部ラジアル軸受15によって非接触にて支持している。

【0010】一方上記磁気軸受からなる上部及び下部ラジアル軸受14及び15が動作不良を生じた際には、ロータ60及び軸受類の損傷を防止するため、上記上部、下部ラジアル軸受14、15の軸受すきまの約1/2の軸受すきまを有する上記上部及び下部補助軸受16及び17によってロータ60を支持する。また上記中間リング9は、スラストカラー5とともに回転する内周永久磁石7の遠心力を支持する。また上記中間リング9はその半径方向において上記外周永久磁石8に支持される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】図5～図6には上記従来の超電導フライホイール装置の運転時における永久磁石組立体60に作用する遠心力の状況が示されている。図5～図6において、 F_{R1} 、 F_{R2} 、 F_{R3} ・・・ F_{RN} は上記永久磁石組立体60による遠心力である。同図から明らかなように、図3に示す従来のものでは、上記永久磁石組立体60を構成する内周永久磁石7、中間リング9、外周永久磁石8が半径方向において分割された分割型であるため、夫々の要素がフープ応力（たが張応力）をそれぞれで支持することができず、上記遠心力 F_{RN} はスラストカラー5の外周内面5aに作用する。

【0012】このため、上記遠心力 F_{RN} によって、スラストカラー5の外周部が図5のように上側に反るように変形して角度 θ だけ傾斜する。そして、上記従来のものにおいては、上記角度 θ の変形によって、高温超電導バルク体10と永久磁石組立体60との間の外周側隙間が大きくなり上記超電導スラスト軸受50の浮上性能、つまり軸受性能が低下するという問題点がある。

【0013】本発明の目的は、超電導フライホイール装置において、超電導スラスト軸受部の永久磁石組立体からの遠心力による変形を抑制して、永久磁石組立体と高温超電導バルク体との隙間を均一に保持し、上記スラスト軸受の浮上性能つまり軸受性能を向上せしめることにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は上記問題点を解決するもので、その要旨とする第1の手段は、真空に保持されたケーシング内に、回転駆動される回転軸及び同回転軸に支持ディスクを介して固定された環状フライホ

イールリングを含むロータと、上記回転軸に固定された磁性材からなるスラストカラーに取付けられた永久磁石組立体及び同永久磁石組立体に微小隙間を存して設置された超電導バルク体よりなる超電導スラスト軸受とを収納してなる超電導フライホイール装置において、上記超電導スラスト軸受は、上記永久磁石組立体を上記スラストカラーの上側及び下側に、上下対称にかつ双方の遠心力が同一になるように各1組取付けてなることを特徴とする超電導フライホイール装置のスラスト軸受にある。

【0015】上記手段によれば、上下2組の永久磁石組立体がスラストカラーの上側及び下側に上下対称にかつ、双方の遠心力が同一になるように取付けられているので、上記永久磁石組立体の遠心力によるスラストカラーの変形量は、従来のもののように上側に偏って変形することなく、上下側で均一となり、従って、上記永久磁石組立体と超電導バルク体との隙間も内周側と外周側とで均一となり、超電導スラスト軸受の浮上性能の低下が防止される。

【0016】また第2の手段は、上記超電導フライホイール装置において、上記スラストカラー及び上記永久磁石組立体の外側に複数のカーボン繊維を軸方向に配したクロス巻きのCFRP（プラスチック板）からなる内周リングを設けるとともに、同内周リングの外側に複数のカーボン繊維を周方向に配したフィラメントワインディングのCFRPからなる外周リングを固定してなる。

【0017】上記第2の手段によれば、外周リングを構成する上記フィラメントワインディングのCFRPはフープ応力（たが張り応力）に対して高い強度を有するため、上記永久磁石組立体の遠心力による半径方向の変形が最少限に抑制され、また内周リングを構成する上記クロス巻きのCFRPは高い曲げ剛性を有するため、上記遠心力による曲げ成分に対して十分に大きな剛性が得られる。

【0018】従って、上記スラスト軸受の変形は、上記フープ応力に対して高い強度を有する外周リングと高い曲げ剛性を有する内周リングとを組合せたことにより従来のものに較べて大幅に減少し、永久磁石組立体と超電導バルク体との隙間は適正に維持される。

【0019】さらに第3の手段は上記第1の手段と第2の手段とを組合せたもので、第1、第2の手段による作用効果が重畳される。

【0020】

【発明の実施の形態】以下図1～図2を参照して本発明の実施形態につき詳細に説明する。本発明は図3に示す超電導フライホイール装置の超電導スラスト軸受50の改良に係るものである。

【0021】即ち図1はその実施形態に係る超電導スラスト軸受部の回転軸心に沿う要部断面図を示し、図1において、4'は中間軸、6'は下部軸であり、同中間軸4'のフランジ下面と下部軸6'のフランジ上面との間

にはスラストカラー5が挟持され、円周方向等間隔に配置された複数のボルト24及びナット25によって締め付け固定されている。

【0022】上記スラストカラー5は、内周に円板部5b、外周に円筒部5aが形成されている。上記円筒部5aはフライホイール装置が高速回転することから、大きな遠心力の作用を抑制するため比較的薄肉に形成されている。

【0023】26aは内周リングであり、カーボン繊維を軸方向に配し、その間に樹脂を詰めたクロス巻きCFRP材からなり、その内周面が上記スラストカラーの円筒部5aの外周面に固着されている。26a₁は同クロス巻きCFRPの軸方向カーボン繊維を示す。26bは外周リングであり、カーボン繊維を周方向に巻き、その間に樹脂を詰めたフィラメントワインディングCFRPからなり、その内周面が上記内周リング26aの外周面に固着されている。26b₁は同フィラメントワインディングCFRPの周方向巻きカーボン繊維を示す。

【0024】上記スラストカラー5の円板部5bにはその上下両面に2組の永久磁石組立体60b、60aが大きさ、位置ともに上下対称に固定されている。即ち下側の永久磁石組立体60aは図3に示す従来のものと同様に、内周側から順に内周永久磁石7、非磁性材料からなる中間リング9及び外周永久磁石8が図1に示すような極の配置で以って設けられている。また上側の永久磁石組立体60bは、内周側から順に内周永久磁石7'、非磁性材料からなる中間リング9'及び外周永久磁石8'が図1に示すような極の配置で以って、それぞれの部材が上記上側の永久磁石組立体60bの各部材と対称になるように設けられている。

【0025】上記のように構成された超電導フライホイールの運転時において、図2に示すように、上側の永久磁石組立体60bの遠心力 F_{Ru} 及び下側の永久磁石組立体60aの遠心力 F_{Rd} は、これら上側及び下側の永久磁石組立体60b及び60aが同一仕様つまり、これらの重量、形状及び取付位置が同一であるので同一値となり、またこれら上側及び下側の永久磁石組立体60b及び60aが円板部5bに対して上下対称に取付けられているので上記スラストカラー5の円筒部5aに左右均等に作用する。この遠心力 F_{Ru} 及び F_{Rd} により比較的薄肉の円筒部5aは中央の円板部5bへの付け根から両端にかけて図2の破線に示すように、上下均等に外周方向へ曲げられることとなり、従来のもののように上側に偏って変形することはない。

【0026】また、前記フライホイールリング26に作用する上記遠心力 F_{Ru} 及び F_{Rd} は、両側面から中央側に向いた曲げの成分を含む上、下均等な遠心力 F_{Ru1} 及び F_{Rd1} となる。

【0027】然るに、上記外周リング26bを構成する周方向巻きカーボン繊維26b₁を有するフィラメント

ワインディングCFRPは、上記フープ応力に対して高い強度を有するため、上記遠心力 F_{Ru1} 及び F_{Rd1} によるスラストカラー5の円筒部5aの半径方向の変形は最少限に維持される。しかしながら、上記周方向巻きカーボン繊維26b₁を有するCFRPは、上記遠心力 F_{Ru1} 及び F_{Rd1} の曲げ成分に対する強度が小さい。

【0028】そこで、この実施形態においては、上記スラストカラー5の円筒部5aと上記フィラメントワインディングCFRPからなる外周リング26bとの間に曲げ剛性が大きい軸方向カーボン繊維26a₁を有するCFRP製内周リング26aが設けられているので、上記曲げ成分に対して十分に大きな剛性を有する。従って、上記スラストカラー5の変形は最少限に維持され、永久磁石組立体60aと高温超電導バルク体10との隙間の拡大が防止され、上記隙間が適正に維持され、超電導スラスト軸受50は所要の浮上特性を維持することができる。

【0029】

【発明の効果】本発明は以上のように構成されており、請求項1の発明によれば、スラスト軸受を構成する上下2組の永久磁石組立体がスラストカラーの上側及び下側に、上下対称に、かつ双方の遠心力が同一になるように取付けられているので、スラストカラーの変形が従来のもののように上側に偏ることなく、上下側で均一となる。

【0030】従って、上記永久磁石組立体と超電導バルク体との隙間も軸受の内、外周に亘って均一となり、上記永久磁石組立体の遠心力による超電導スラスト軸受の浮上性能、即ち軸受性能の低下を防止することができる。

【0031】また請求項2の発明によれば、複数のカーボン繊維を周方向に配したフィラメントワインディングのCFRPからなる外周リングによるフープ応力（たが張り応力）に対する変形抑制と、複数のカーボン繊維を軸方向に配したクロス巻きのCFRPからなる内周リングの曲げ剛性の増大により、スラスト軸受の変形が減少せしめられ、上記軸受隙間の均一化による軸受性能の向上が得られる。

【0032】さらに請求項3の発明によれば、請求項1、2の発明による上記効果が重畳して得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る超電導フライホイール装置のスラスト軸受の要部縦断面図。

【図2】上記実施形態における作用説明用の図1応当図。

【図3】従来のスラスト軸受を用いた超電導フライホイール装置の縦断面図。

【図4】上記超電導フライホイール装置の作用説明図。

【図5】従来の超電導フライホイール装置の作用を示す要部縦断面図。

(5)

特開平11-280764

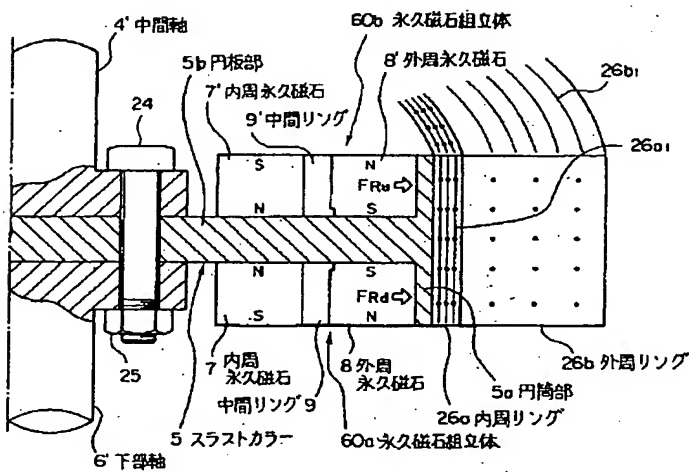
【図6】図5に対応する要部平面図。

【符号の説明】

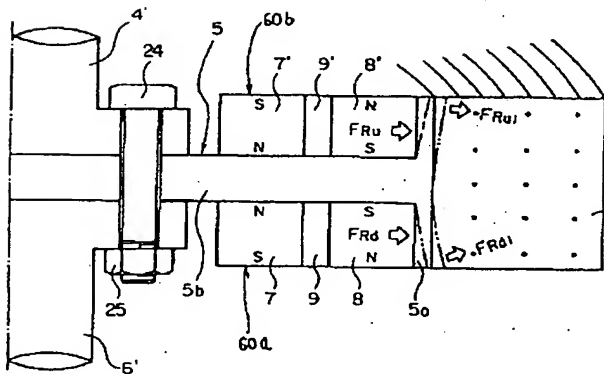
- 1 フライホイールリング
- 4' 中間軸
- 5 スラストカラー
- 5a 円板部
- 5b 円筒部
- 6' 下部軸
- 7, 7' 内周永久磁石

- 8, 8' 外周永久磁石
- 9, 9' 中間リング
- 10 高温超電導バルク体
- 20 ケーシング
- 26a 内周リング
- 26b 外周リング
- 50 超電導スラスト軸受
- 60a, 60b 永久磁石組立

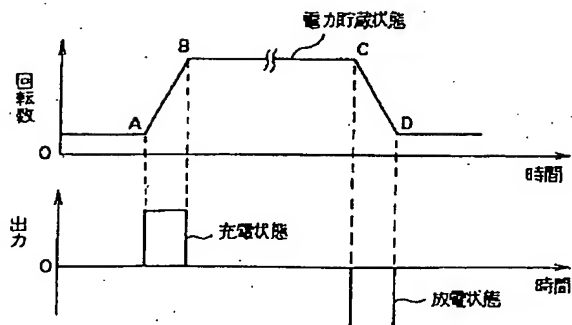
【図1】



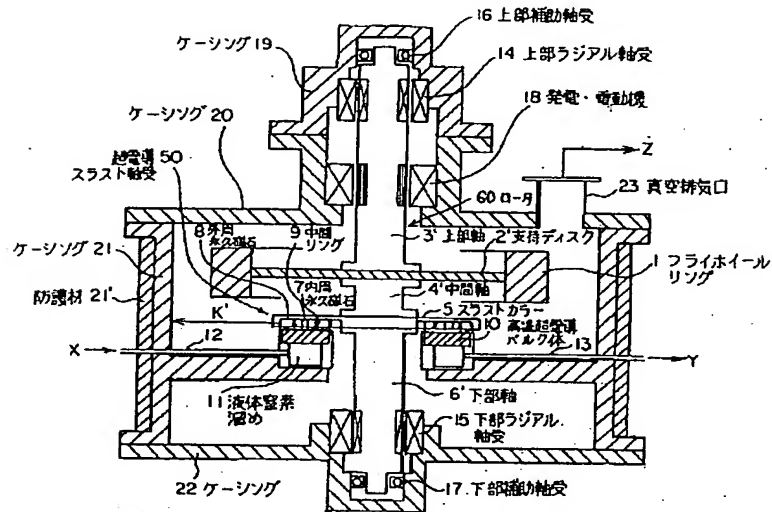
【図2】



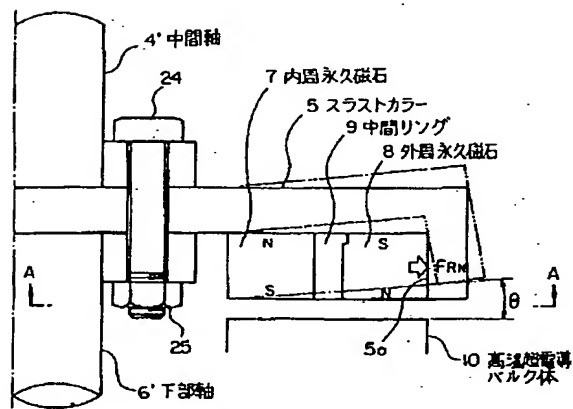
【図4】



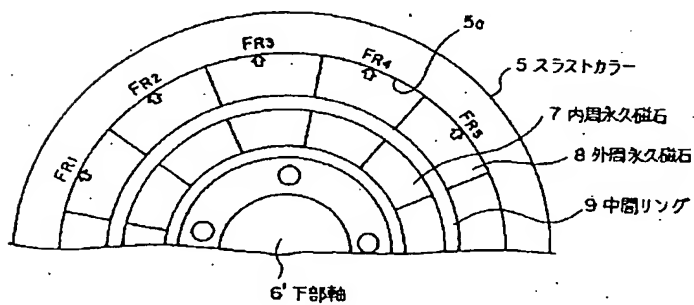
【図3】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 河島 裕
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
三菱重工業株式会社高砂製作所内